

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-49403

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和62年(1987)3月4日

G 05 B 19/18

Z-8225-5H

B 25 J 9/16

7502-3F

審査請求 有 発明の数 1 (全8頁)

⑮ 発明の名称 マニピュレータ制御装置

⑯ 特 願 昭60-188769

⑰ 出 願 昭60(1985)8月28日

特許法第30条第1項適用 昭和60年7月25日~27日 社団法人計測自動制御学会開催の第24回S I C  
E 学術講演会において発表

⑱ 発 明 者 佐 藤 知 正 茨城県新治郡桜村梅園1丁目1番4号 工業技術院電子技  
術総合研究所内

⑲ 発 明 者 平 井 成 興 茨城県新治郡桜村梅園1丁目1番4号 工業技術院電子技  
術総合研究所内

⑳ 出 願 人 工業技術院長

㉑ 指定代理人 工業技術院 電子技術総合研究所長

明 細 書

1. 発明の名称

マニピュレータ制御装置

2. 特許請求の範囲

マニピュレータを目律的に動かすプログラムを  
解釈し、該プログラムに対応したプログラム制御  
データを生成するプログラム解釈装置と;

操作者が動かす手動装置の該動きに従って所定  
の関係で対応的にマニピュレータを動かすデー  
タを生成する手動制御データ生成装置と;

上記プログラム制御データと上記手動制御デー  
タとを重畳する制御方式重畳装置と;

を有して成るマニピュレータ制御装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、産業用ロボットのマニピュレータや  
マスタ・スレーブ・マニピュレータのスレーブ・  
マニピュレータ等に対し、与えられた特定の作業  
を実行させるために用いられるマニピュレータ制  
御装置における改良に関する。

(従来技術)

プログラムによる自律的作業実行能力を持つマ  
ニピュレータ、例えば特に産業用ロボットのマニ  
ピュレータ等は、従来、当該プログラムに応じて  
生成される軌道やトルクに従い、制御装置によっ  
て一方的に動かされるのみであった。

また、マスタ・マニピュレータを操作者が動か  
すことにより、当該動きに対応、追従させるよう  
に、空間的に別途な位置に設けたスレーブ・マニ  
ピュレータの動きを遠隔制御する(こうした制御  
モードを追従型制御と呼ぶ)マスタ・スレーブ・  
マニピュレータにあっても、中にはプログラム制  
御モードを持つものがあつたが、従来、そうした  
マスタ・スレーブ・マニピュレータでプログラム  
制御モードを選択した場合、他の制御モードは一  
切、無効化され、やはり当該プログラムによつて  
のみ、スレーブ・マニピュレータが一方的に動か  
されるだけであつた。

(発明が解決しようとする問題点)

上記した従来例のように、与えられたプログラ

ムに従ってマニピュレータを制御し、特定の作業を行なう制御装置では、プログラムは固定的なため、突発的な環境の変化や予期し得ない事故には即応できないという問題があった。

例えばマニピュレータの移動先が不意に変化してしまったり、あるいはマニピュレータの動作範囲中に障害物が侵入してきたような場合、到底、これに暫く対処することはできず、所定の作業ができなくなったり、あるいはマニピュレータが障害物にぶつかって破損したり等の事故を防ぎきれなかった。ましてやマニピュレータにとっての障害物が人間であったような場合には、単に機械的、経済的な損失だけでは済まされない、文字通り致命的な結果をも引き起こしかねなかった。

このような危険に対し、従来からもこうしたマニピュレータ装置に非常停止装置を組み入れたものも提案されてはいたが、こうした従来装置ではプログラムを中断した後、再実行するとか、プログラム自体を作り直さなければならぬ手間を必須としていた。これはマニピュレータの作業効率を

#### 〈作 用〉

本発明の上記要旨構成中におけるプログラム解釈装置は、あらかじめ用意されたプログラム命令を順次フェッチし、マニピュレータを制御すべきプログラム制御データを制御方式重畳装置に送る。

手動制御データ生成装置は、手動装置を操作者が操作したとき、これに対応させてマニピュレータを動かすのに適当な対応関係にある手動制御データを生成してこれを制御方式重畳装置に送る。

制御方式重畳装置は上記二つのデータを重畳し、これによってマニピュレータを制御する。

もちろん、上記データに応じて実際にマニピュレータを駆動する部分等は、公知既存の回路系や機械系を採用して良い。

また、操作者が操作する手動装置は、マスタ・マニピュレータ、ティーチング・ペンダント、ジョイ・スティック、マウス、キー・ボード、ライト・ペン、タブレット等々、既存の任意の形態

若しく低減させる因となる。

本発明はこうした従来の実情に鑑みて成されたもので、プログラムによる自動的、自律的な動作実行中にも、例えばマスタ・マニピュレータやティーチング・ペンダントその他、適当なる手動制御装置を介して操作者が意図的な操作を為した場合には、それによってもマニピュレータの動きを対応的に制御可能とせんとしたものである。

#### 〈問題点を解決するための手段〉

上記目的を達成するため、本発明は次のような構成のマニピュレータ制御装置を提供する。

マニピュレータを自律的に動かすプログラムを解釈し、該プログラムに対応したプログラム制御データを生成するプログラム解釈装置と；

操作者が動かす手動装置の該動きに従って所定の関係で対応的にマニピュレータを動かすデータを生成する手動制御データ生成装置と；

上記プログラム制御データと上記手動制御データとを重畳する制御方式重畳装置と；

を有して成るマニピュレータ制御装置。

のものを使うことができ、ユニ・ラテラルでもバイ・ラテラルでも良い。

ユニ・ラテラルの場合、本制御装置を用いてのシーケンスは一般に次のようになる。

- ① 手動装置の動きに応じて対応的な手動制御データを生成し、制御方式重畳装置へ送る。
- ② 与えられたプログラムからプログラム解釈装置によってプログラム制御データを生成する。
- ③ プログラムの動作命令の目標状態に至る途中状態を計算し、それを制御方式重畳装置に送る。
- ④ 上記両データからマニピュレータの移動状態を計算する。
- ⑤ 上記計算結果のマニピュレータへの出力と動作実行。
- ⑥ 上記①へ戻る。

これに対し、バイ・ラテラルの場合は次のようになる。

- ① 手動装置の動きに応じて対応的な手動制御データを生成し、制御方式重畳装置へ送る。
- ② 与えられたプログラムからプログラム解釈装置

によってプログラム制御データを生成する。

③上記四データからマニピュレータの移動状態を計算する。

④上記計算結果をマニピュレータに送信し、作業を実行させる。

⑤一方で上記計算結果を手動装置の移動先のデータに逆変換して手動装置へ送信し、操作者へ動きとしてフィード・バックする。

⑥上記①へ戻る。

(実施例)

第1図には本発明の原理構成ないし基本的な実施例としてのマニピュレータ制御装置10が示されている。

既述したように、マスタ・マニピュレータ、ティーチング・ペンダント、ジョイ・スティック、マウス、キー・ボード、ライト・ペン、タブレット等々、既存の任意の形態のもので良い、そしてユニ・ラテラルでもバイ・ラテラルでも良い手動装置11があり、これは操作者がマニピュレータ18を意図するように動かすためである。

係にある空間内の点の運動を規定する各物理量が張る空間を一般的に表現したものとなる。

具体的には位置、姿勢（回転）、速度、角速度、加速度、角加速度、並行力、回転力（トルク）等を有する。ただし、常にこれらの物理量を全て含んでいる必要はなく、要するもののみ、選択すれば良い。

例えば位置対称型のマスタ・スレーブ・マニピュレータにおいては、それぞれマスタ・マニピュレータ、スレーブ・マニピュレータが取付けられている台の一点を原点とする直交座標系を想定し、マスタ・マニピュレータ、スレーブ・マニピュレータそれぞれの手先の位置や姿勢、速度、角速度をもって一般化座標系とすれば良いし、力逆送方式や力帰還方式のマスタ・スレーブ・マニピュレータにおいては、位置、姿勢、速度、角速度、並行力、回転力をもって一般化座標とすれば良い。各関節ごとに対応した座標系も構成する。従来のタイプのマスタ・スレーブ・マニピュレータにおける関節角の組そのものも、恒等変換により得られる一般化座標の一例である。

手動装置11が動かされると、これに対応した手動制御データが手動制御データ生成装置12により生成される。

このとき、当該手動装置とマニピュレータ18との間に所求の対応付けをなすには、当該手動制御データに一般化座標という概念を導入すると便宜である。

例えば手動装置が既存のマスタ・スレーブ・マニピュレータ装置におけるマスタ・マニピュレータであった場合には、まず当該マスタ・マニピュレータの関節角あるいは関節力に関し、必要な一般化座標を算出し、これに基づいてスレーブ・マニピュレータとして構成されているマニピュレータ18の駆動のための必要なデータ変換処理をなうことが最も合理的で簡単である。

ここにおいて一般化座標とは、通常の物理学系における概念をここで問題にしたマスタ・マニピュレータやスレーブ・マニピュレータに援用した場合、当該マスタ・マニピュレータあるいはスレーブ・マニピュレータに対し、既知の特定の関

もちろん、用いる手動装置の形態ないし種類の如何により、それぞれに適當なる対応関係の一般化座標群を得ることができる。換言すれば、マニピュレータ18とは異なる機構系であったり、位置、姿勢や可動範囲が異なる手動装置11であっても、一般化座標を用いれば、それらの間の適當なる対応付けは所定の変換データに基づき比較的容易に行なうことができる。

一方、固定の、そしてあらかじめ定められているプログラム13は、プログラム解釈装置14に入力され、ここでマニピュレータ18を制御するのに相応しいデータに変換されて出力される。このプログラム制御データも、上記同様、一般化座標表現されることが望ましい。

こうした四データを制御方式重畳装置15にて重畳すれば、プログラムに従って動作しているマニピュレータ18の当該動作シーケンスに割込みを掛け、手動操作に対応した強制動作をさせることができるようになり、あるいは逆に、手動動作を主たる動作モードとする装置系において、プログラ

ムにより支援をすることができるようになる。

本発明は、これまでプログラムによってのみ制御されていた産業用ロボットのマニピュレータ制御装置として手動制御可能な制御装置とすることができるし、逆にこれまで追従型制御を基本としてきたマスタ・スレーブ・マニピュレータ装置にプログラム支援機能を付加する制御装置とすることもできる。

第2図には、後者の場合で代表させて、より具体的に組まれた本発明実施例が示されている。

この実施例では、本発明の思想に加えて、通常の追従型制御モードに他の制御モードとしての比率型制御と増分型制御の双方を重ね(ちょうじょう)し得る機能や、後述する拘束動作機能をも含んでいる。

この実施例においては、本発明要旨構成中で言う手動装置11は、既存のマスタ・スレーブ・マニピュレータ装置17におけるマスタ・マニピュレータ11となっている。

このマスタ・マニピュレータ11がリンク型のも

そうして得られた各関節角の値を目標値とし、公知既存の技術により構成されたスレーブ・マニピュレータ駆動装置21は、スレーブ・マニピュレータ18の各関節に取り付けられた図示していない適当なアクチュエータ、例えば電気モータを駆動、制御して、当該目標値を実現せんとする。

制御用記号列入力装置22は、本マスタ・スレーブ・マニピュレータ17の起動や停止等の全体制御を始め、各部分装置への指令を記号で入力する。

このような構成の下で、図示されたマスタ・スレーブ・マニピュレータ17には、プログラム13を解釈し、制御方式重畳装置15を介して上記追従制御に重畳させるに適当な形態のデータを生成するプログラム解釈装置14が付属している。

したがって、既に述べたように、このプログラム13に従ってスレーブ・マニピュレータ18を動作させながら、必要時には操作者の手動命令を強制付加できるし、逆に追従制御を基本モードとしてスレーブ・マニピュレータ動作させているときにプログラムの支援を受けることができる。

のである場合、当該マスタ・マニピュレータの状態を検出するマスタ・マニピュレータ状態検出装置18は、各関節に取り付けた公知既存の適当なる角度検出器等で構成することができる。

このマスタ・マニピュレータ状態検出装置18からの出力による各関節の角度情報からマスタ・マニピュレータの手先の直交座標系における六つの自由度の値、すなわち  $X, Y, Z$  の各座標、及び各軸まわりの各回転角  $A, B, C$  を算出するマスタ・マニピュレータ一般化座標生成装置12-1は、第1図中の本発明で言う手動制御データ生成装置12の一部をなしており、これは通常の計算器等で構成することができる。

一方、制御方式重畳装置15を含むデータ加工部19を介して与えられる当該各時点での一般化座標群  $X, Y, Z; A, B, C$  に関し、スレーブ・マニピュレータ側では、スレーブ・マニピュレータ状態逆変換装置20により、スレーブ・マニピュレータの手先が対応する位置、姿勢になるようなスレーブ・マニピュレータの各関節角の値を算出する。

この実施例ではさらに、比率制御指令入力装置23が設けられており、これには各自由度に対応するように、比率動作入力スイッチ群が設けである。

これに応じ、データ加工部19内の制御方式重畳装置15は、当該比率制御指令入力装置23の各スイッチからの入力信号が続く間、対応する自由度の値を対応する一定の速度で増加または減少させ続ける。増減の速度は当該比率制御指令入力装置23に備えたスイッチや制御用記号列入力装置22により、設定、変更することができる。

同様に、図示されたマスタ・スレーブ・マニピュレータ17には増分型制御指令入力装置24も設けられ、当該装置24には各自由度  $X, Y, Z; A, B, C$  の増減を指示できるスイッチ群が備えられている。

この増分型制御指令入力装置24に備えられている特定のスイッチを一回、操作するたびに、制御方式重畳装置15ではこのスイッチに対応する自由度の値を対応する一定量だけ、増加または減少す

る。これにより、一般化座標の任意の自由度の値が当該スイッチ群の選択操作によりそれぞれ対応する一定量だけ、増減し、スレーブ・マニピュレータ18の手先も対応する一定量<sup>づつ</sup>、動作するようになる。一回ごとの増減の~~速度~~<sup>量</sup>は、上記と同様、当該増分型制御指令入力装置24に備えたスイッチや制御用記号列入力装置22にて設定、変更できる。

本実施例においては、スレーブ・マニピュレータ18の側からマスタ・マニピュレータ11を追従制御できるようにもなっている。すなわち、スレーブ・マニピュレータの状態を検出するスレーブ・マニピュレータ状態検出装置25は、先のマスタ・マニピュレータ用と同様、当該スレーブ・マニピュレータ18の各関節に取り付けた公知既存の適当なる角度検出器等で構成することができ、このスレーブ・マニピュレータ状態検出装置25の出力による各関節の角度情報からは、スレーブ・マニピュレータ18の手先の直交座標系における六つの自由度の値、すなわち  $X, Y, Z$  の各座標、及び各軸

例えばスレーブ・マニピュレータがマスタ・マニピュレータの動きに追従せんとして発生したトルクを一般化座標生成装置26によってトルク情報として算出し、これからマスタ・マニピュレータ状態逆変換装置27により、マスタ・マニピュレータの関節力を算出してこの力为目标値とし、マスタ・マニピュレータ駆動装置28によって図示していない適当なアクチュエータを制御する等が考えられる。また、特殊な場合には、関節力の伝達機構にのみ、既述してきた構成部分を適用することも可能ではある。

図示の場合にはさらに、操作者がマスタ・マニピュレータ11を操作しているか否かを検出するマスタ・マニピュレータ操作検出装置28も設けられていて、その検出信号はデータ加工部19に入力されている。

これは、操作者がマスタ・マニピュレータ11から手を離れたとき以降、マスタ・マニピュレータが外力によって動かされないように、当該データ加工部19から制動信号を送ってマスタ・マニピュ

まわりの各回転角  $A, B, C$  がスレーブ・マニピュレータ一般化座標生成装置26により算出される。

一方、データ加工部19を介して与えられる当該各時点での一般化座標群  $X, Y, Z; A, B, C$  に関し、マスタ・マニピュレータ側では、マスタ・マニピュレータ状態逆変換装置27により、マスタ・マニピュレータ11の手先が対応する位置、姿勢になるようなマスタ・マニピュレータ11の各関節角の値を算出する。

そうして得られた各関節角の値为目标値とし、公知既存の技術により構成されたマスタ・マニピュレータ駆動装置28は、マスタ・マニピュレータ11の各関節に取り付けられた図示していない適当なアクチュエータ、例えば電気モータを駆動、制御して、当該目標値を実現せんとする。

上記の一般化座標生成装置<sup>12</sup>26にあっては、上記六つの自由度の値の算出に限らない外、場合によってはもっと少ない数の自由度に関する演算を行なうようになっていても良いし、逆にトルク情報等も加えることができる。

レータに制動を掛けるためである。

しかるに、データ加工部19内に設けられた変換データ生成装置12-2は、データ生成を指令されると（指令部は図示していない）、その時点でのマスタ・マニピュレータの一般化座標とスレーブ・マニピュレータの一般化座標との間の所求の対応付けデータ（座標変換データ）を生成する。

これを受けた座標系対応付け装置12-3では、マスタ・マニピュレータの一般化座標をスレーブ・マニピュレータのそれに変換すること、また望ましくはその逆も行なう。

したがって、これら変換データ生成装置12-2や座標系対応付け装置12-3は、マスタ・マニピュレータを一般化して各種任意の手動装置11と見れば頗かなように、第1図中の手動制御データ生成装置12の一部をなす。

こうした場合、既述した各種制御方式の重畳はこの変換データに関して行なわれる。ただし、制御方式の重畳はマスタ・マニピュレータ11の一般化座標、スレーブ・マニピュレータ18の一般化座

標のいづれにおいてなすものとしても良いし、比率制御指令入力装置23、増分型制御指令入力装置24をマスタ・マニピュレータ側用、スレーブ・マニピュレータ側用に個々に用意しても良い。

しかし一般には、これら指令装置23、24は、マスタ・マニピュレータ側用、スレーブ・マニピュレータ側用のいづれか一方の側で用意されていれば十分である。

この実施例ではまた、拘束動作条件をも設定可能としている。

拘束動作とは、既述のように一般化座標変換されたスレーブ・マニピュレータ18の動作に関し、指定された自由度の値を所定の値に固定したり、他の自由度の値との間に特定の関係を維持させたりすることを言う。

例えばスレーブ・マニピュレータの手先が三次元直交座標系において一般化座標変換されているとき、X軸まわりの回転角だけを一定の値に固定したり、X座標とY座標の値が一致するような関係の運動にのみ、限定したりすることである。

上記各種制御方式の重畳は、例えばマスタ・マニピュレータ11の握り部分の適当な位置に設けた制御指令スイッチ群により、操作者の手元から指令するようにすることもできる。このようにすればもちろん、作業性は極めて高いものとなる。

以上、詳記したが、本発明の技術思想は、要旨構成中に見られるように、そしてまた第1図及び第2図の実施例中の構成に見られるように、プログラム制御モードと手動制御モードとを重畳させるようにすることにあるから、原則的には当該プログラム制御モードや手動モード以外の制御方式の重畳や拘束動作には無関係で、それらは決して限定的なものではない。ただし、第2図に示されるようなマスタ・スレーブ・マニピュレータ装置構成は極めて望ましく、現在考え得る最も進んだタイプと言って差支えないし、またもちろん、既述したように、本発明はマスタ・スレーブ・マニピュレータ装置に限らず、プログラム制御により自律的動作をするのを原則としてきた各種産業ロボットに広く応用できることは固かである。

この第2図に示された実施例のマスタ・スレーブ・マニピュレータ装置17では、必要とするそれぞれの拘束動作を、拘束動作指令入力装置32により、適当なる記号列のデータで与えることができる。また、拘束動作選択入力装置33は、どの拘束動作を選ぶかを指令するものである。

このようにして与えられた拘束動作は、当該拘束動作指令データとスレーブ・マニピュレータ18から回路25、26を介して与えられる一般化座標との値に基づいて拘束すべき座標値を生成し、これを制御方式重畳装置15に送ることにより実現される。

またこうした拘束動作は、スレーブ・マニピュレータ18に代えて、あるいは加えて、マスタ・マニピュレータ状態逆変換装置27とマスタ・マニピュレータ駆動装置28を介することにより、マスタ・マニピュレータ11に対しても与えることができる。なお、拘束動作指令入力装置32は、先に述べた制御用記号列入力装置22で兼用することも可能である。

#### 〈発明の効果〉

本発明によれば、マニピュレータがプログラム制御によって自律的な動作実行中にある時においても、障害物に衝突するのを回避する動作を手動装置を介して当該マニピュレータに重畳させることができる。

例えばベルト・コンベアで運ばれてきた部品をパレットに並べる作業をプログラムにより実行しているロボットがあった場合、当該ロボットのマニピュレータの軌道中に人間が入り込んでしまったようなときにも、本発明を適用してあれば手動装置によりその人間を避ける動作が可能となり、重大な事故は防ぐことができる。

あるいは災害現場にマスタ・スレーブ・マニピュレータ装置を持ち込み、投げ出された箱詰め品のビンを一木一本回収する作業をプログラム制御で実行している最中に、そのスレーブ・マニピュレータの動作範囲に突如的に岩等がころがってきたような場合には、マスタ・マニピュレータを手動操作して一時的にスレーブ・マニピュレータの

軌道を変えてその岩との衝突を避けてやることもできる。

そしてこれらの場合、障害物がマニピュレータの動作範囲外に出た後には、通常のプログラム制御で作業を続行することが可能となる。プログラムを作り直したり、作業を始めからやり直す必要も特にはない。

さらに、プログラムによる自律的な動作実行中に手動装置を止めることでその動作を中断させることも可能となる。例えば、組立作業中にマニピュレータが把持した部品を設置すべき目標位置がプログラムにより設定された位置と異なってしまったような場合、マスタ・マニピュレータの動きを止めることで当該自律的な動作を一時的に中断させることができる。

またプログラムされた作業を実行中にそのプログラムを作成したときには考慮されていなかった新たな動作を手動装置を介して教示し、その結果を修正されたプログラムとして利用すること等もできる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明によるマニピュレータ制御装置の基本的な実施例の概略構成図、第2図は本発明をより具体的に応用した実施例の概略構成図、である。

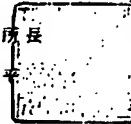
図中、11はマスタ・マニピュレータ等の手動装置、12は手動制御データ生成装置、12-1は一般化座標生成装置、12-2は変換データ生成装置、12-3は座標系対応付け装置、13はプログラム、14はプログラム制御データ生成装置、15は制御方式重畳装置、16は本発明により制御されるマニピュレータ、17はマスタ・スレーブ・マニピュレータ装置、18はデータ加工部、22は制御用記号列入力装置、23は比率制御指令入力装置、24は増分型制御指令入力装置、32は拘束動作指令入力装置、33は拘束動作選択入力装置、である。

指定代理人

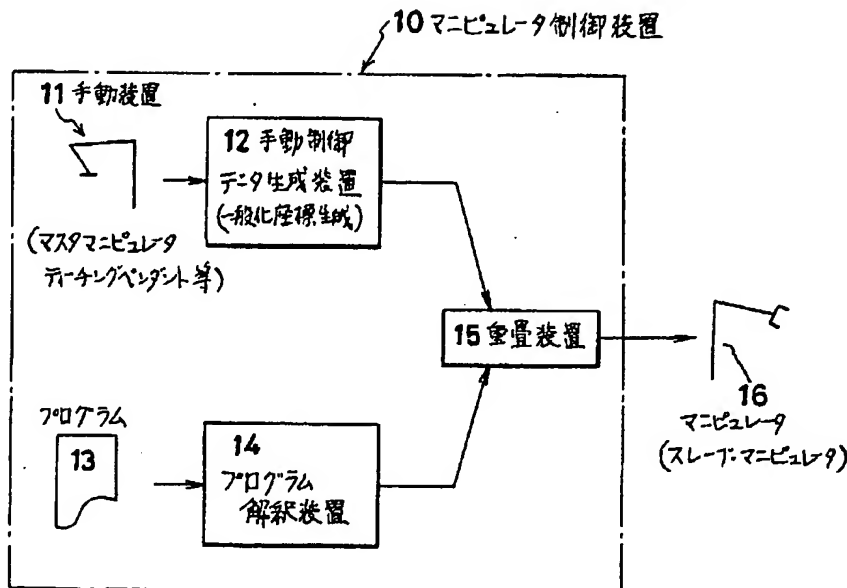
工業技術院

電子技術総合研究所長

佐藤孝平



### 第1図



第2図

